SIGNALLING & CONTROL
Preduzeće za inženjering " Signalling & Control" d.o.o.
Branka Krsmanovića 20, 11000 Beograd, Srbija

Предмет: МЕСЕЧНИ ИЗВЕШТАЈ

Пројекат:

Одржавање, обука, техничка подршка и интервенције критичних телекомуникационих и сигнално сигурносних система ГСМ-Р и ЕТЦС на прузи Београд-Нови Сад

Наручилац/Корисник:

"Инфраструктура железнице Србије" а.д. Београд

Извођач:

Конзорцијум: Игмако Смарт Солутионс д.о.о, Ирител а.д. и Signalling & Control д.о.о.

Месечни ивештај бр.: 8 (фебруар 2024)

Датум: 29/02/2024.

Место: Signalling & Control д.о.о., Бранка Крсмановића 20, 11000 Београд

Извештај подноси члан конзорцијума "Signalling & Control d.o.o.":

Месечни извештај о извршеним активностима у фебруару 2024.г.

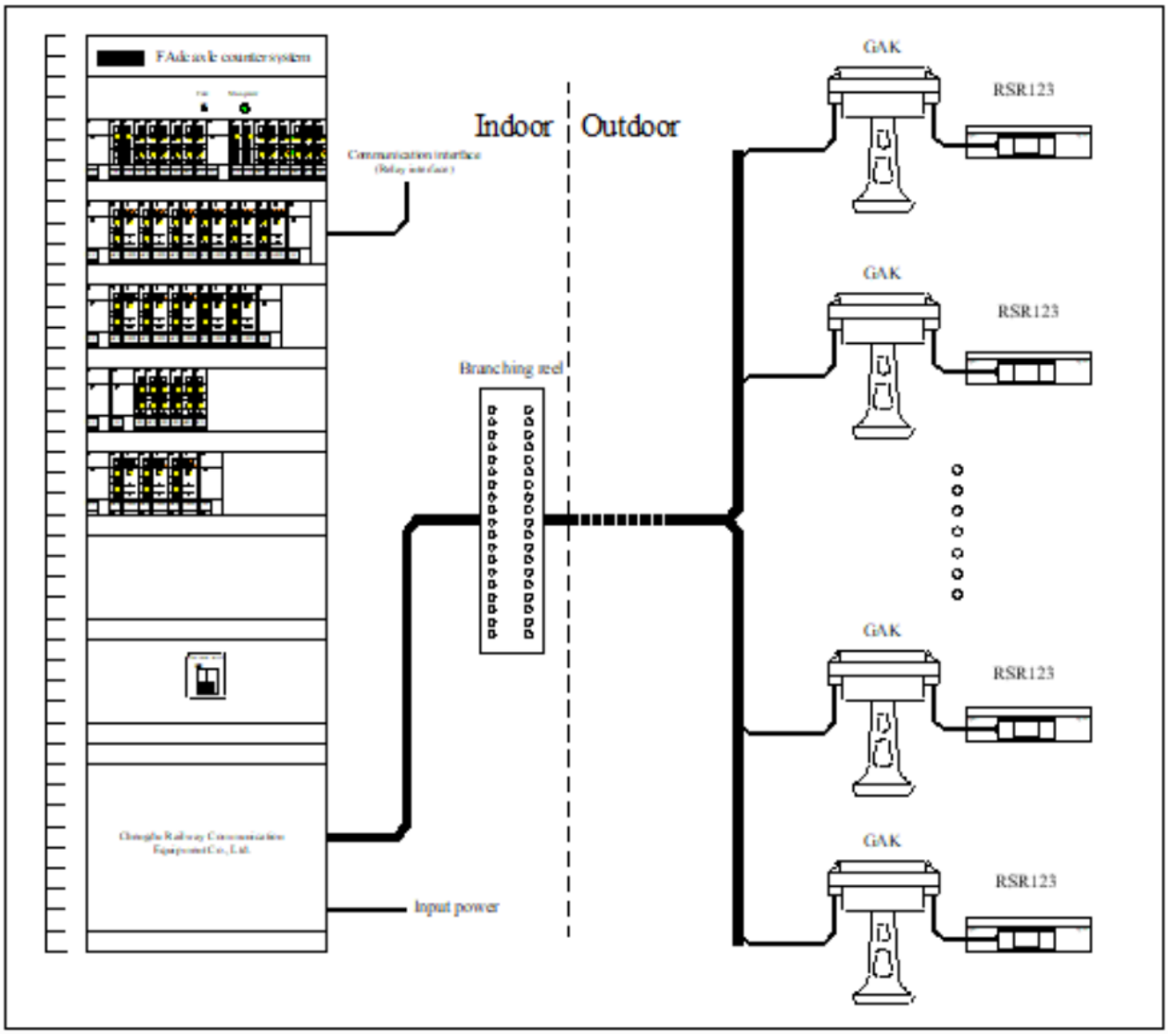
Током фебруара 2024.г. извршене су следеће активности:

- Преглед пројектне документације у погледу расположивих података о поузданости уграђене опреме.
- Преглед документације подршке кориснику, упутстава за руковање и одржавање у погледу расположивих података о поузданости уграђене опреме.
- Анализа поузданости уграђене опреме и потребне количине резервних делова за одржавање уређаја у животном веку уређаја.

У овом извештају ће бити анализирана поузданост, расположивост и потребни резервни делови за одржавање система бројача осовина - FAdC R2 - Axle Counter (произођача Frausher), који се користе за детекцију заузећа/слободности одсека у станицама и на међустаничном растојању, у оквиру рачунарских сигнално-сигурносних уређаја.

1. Архитектура система бројача осовина FAdC R2 и саставни делови

Архитектура система бројача осовина FAdC R2 је приказана на следећој слици.

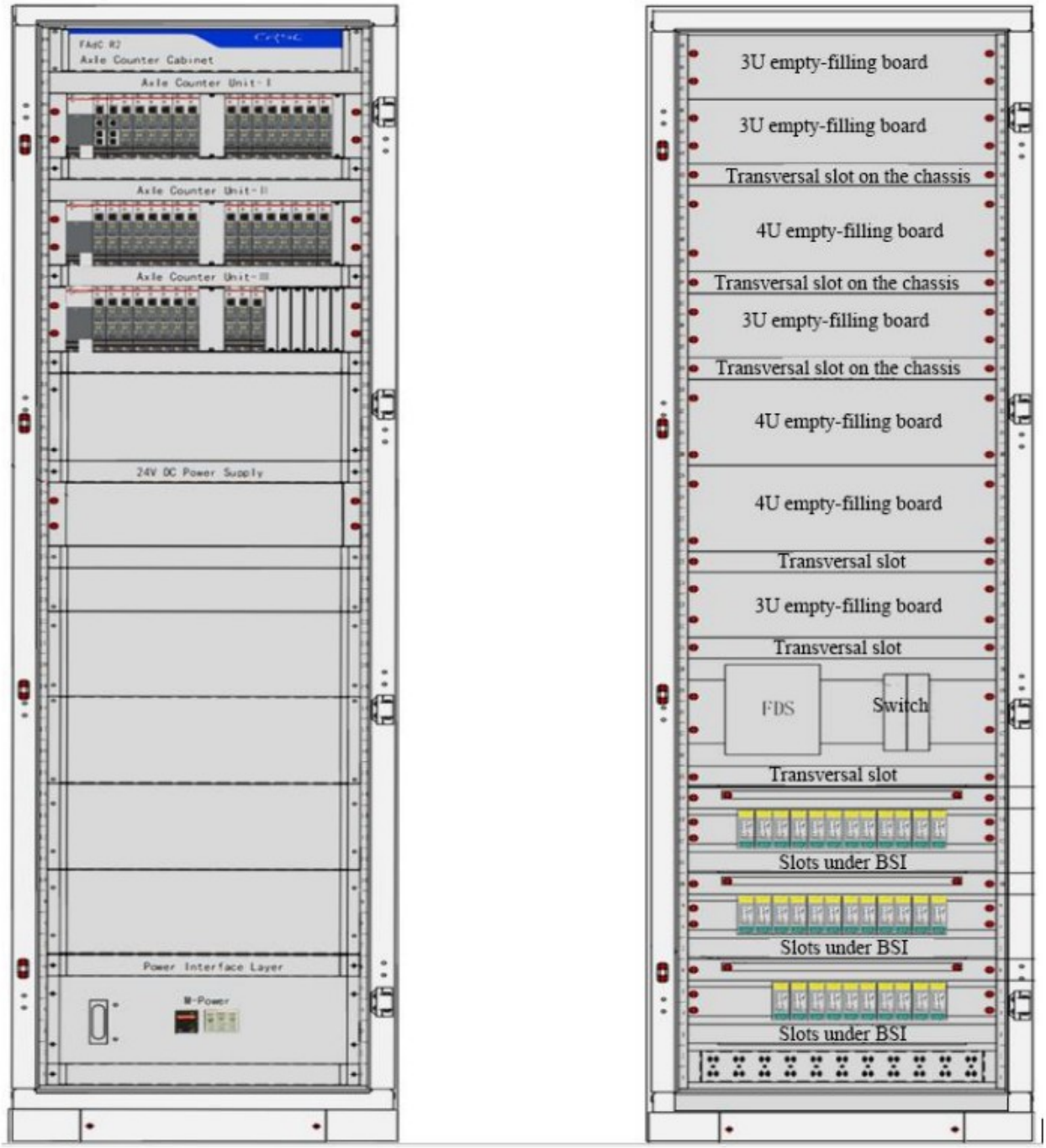


Слика 1. Архитектура система бројача осовина FAdC R2

Систем бројача осовина се састоји из унутрашњих делова уређаја и спољних делова уређаја, који су међусобно повезани одговарајућим кабловима.

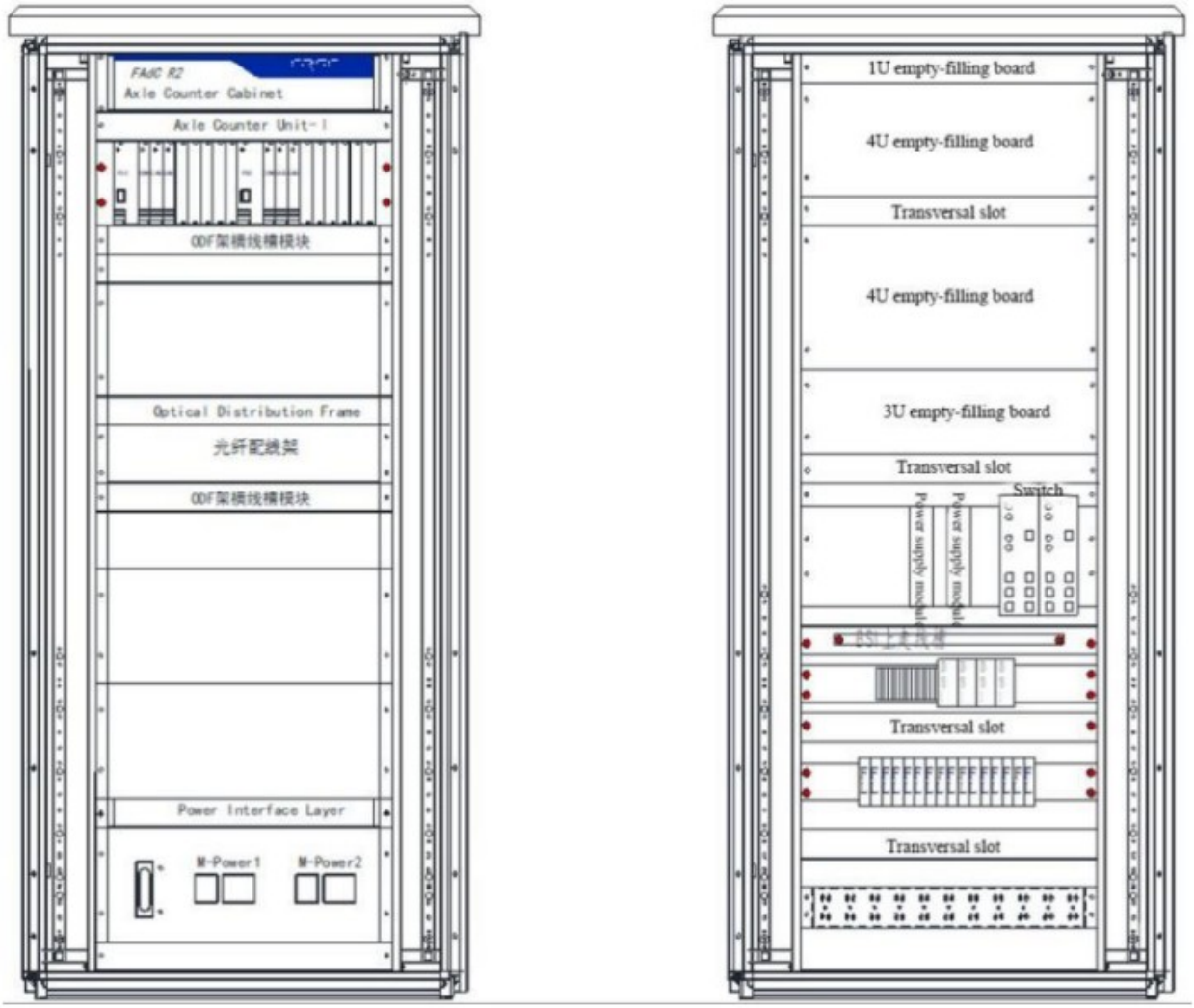
2. Унутрашња опрема бројача осовина FAdC R2 и саставни делови

Изглед типског ормана за смештај унутрашње опреме бројача совина FAdC R2 у станици - релејној просторији, приказан је на следећој слици.



Слика 2. Орман бројача осовина FAdC R2 (предња и задња страна) у релејној просторији.

Изглед типског ормана за смештај унутрашње опреме бројача совина FAdC R2 на међустаничном растојању - АПБ-у, приказан је на следећој слици.



Слика 3. Орман бројача осовина FAdC R2 (предња и задња страна) на међустаничном растојању (АПБ).

Унутрашњи уређаји система бројача осовина FAdC R2 наведени су у следећој табели.

р.бр.	Модел	Назив	Намена
1	BSI	Пренапонски заштитни модул	Заштита унутрашњих уређаја од пренапонских сметњи
2	BGT07	Кућиште	Постављање модула и кабловске везе
3	PSC	Плоча разводник напајања	Напајање модула система бројача осовина
4	AEB	Плоча евалуатора	Прикупљање сигнале од сензора и евалуација података
5	COM-FSE	Комуникациона плоча	Применљиво на комуникациони протокол FSE
6	BP-PWR	Плоча напајања	Веза са PSC, AEB и COM плочама
7	FDS	Дијагностички систем Frauscher	За дијагностику система бројача осовина FAdC R2
8	HRPG-600-24	Модул за напајање AC/DC, произвођача Mean Well	два по унутрашњем орману (Уређаји у станици).

Табела 1. Листа унутрашње опреме бројача осовина FAdC R2.

3. Спољашња опрема бројача осовина FAdC R2 и саставни делови

Спољашњи уређаји система бројача осовина FAdC R2 наведени су у следећој табели.

р.бр.	Модул	Назив	Намена
1	RSR123	Сензор точка	Детекција точка
2	RSR123-5m RSR123-10m	Прикључни кабл сензора	Прикључни кабл сензора који носи заштитну цев
3	SK150	Стезаљке	Причвршћење сензора
4	GAK/JXH (opciono)	Кабловска прикључна кутија	Користи се за спајање каблова од сензора и каблова према унутрашњим уређајима
5	PB200 GS03	Тест плоча	Симулирање точка за пуштање у рад на лицу места
6	HRP-75-24	Модул за напајање AC/DC, произвођача Mean Well	два по спољашњем орману на међустаничном растојању

Табела 2. Листа спољашње опреме бројача осовина FAdC R2.

4. Квантификација уграђене опрема бројача осовина FAdC R2

У складу са конфигурацијом железничке станице и бројем блокова на међустаничном растојању који се контролишу из станице одређен је и укупан броја одсека који треба да се контролишу помоћу система бројача осовина. Тиме је одређена и количина бројачке опреме која се уграђује (спољашња опрема - сензори и унутрашња опрема евалуатори и остала пратећа опрема). Сабирањем инсталиране опреме по станицама добија се укупна количина уграђене опреме на деоници пруге која је од интереса. У овом случају деоница пруге од станице Београд Центар (није обухваћена) до станице Нови Сад (није обухваћена).

Приликом обиласка локција - железничких станица извршен је увид у уграђену опрему бројача осовина и евидентиран је број бројачких одсека по станицама.

- Нови Београд: 36 двоканалних сензора у једном орману у три реда.
- Земун: 64 двоканална сензора у два ормана (четири реда + три реда).
- Земун Поље: 46 двоканалних сензора у једаном орману са три реда.
- Батајница: 96 двоканалних сензора у два ормана (четири реда + четири реда).
- Нова Пазова: 96 двоканалних сензора у два ормана (четири реда + четири реда).
- Стара Пазова: 60 двоканалних сензора у два ормана (четири реда + један ред).
- Инђија: 70 двоканалних сензора у два ормана (четири реда + два реда).
- Бешка: 24 двоканална сензора у једном орману са два реда.
- Карлов. Виногради: 30 двоканалних сензора у два ормана по два реда.
- Сремски Карловци: 24 двоканална сензора у једном орману са два реда.
- Петроварадин: 55 двокананих сензора у два ормана (четири реда + један ред).

Укупна количина уграђене бројачке опреме у станицама је: 571 двоканални сензор, 18 ормана, 51 ред.

На међустаничним растојањима, у зависности од броја блокова у АПБ (по сваком блок месту уграђена су по минимално два двоканална сензора), евидентирана је следећа уграђена опрема бројача осовина:

- Нови Београд - Земун: -
- Земун - Земун Поље: -
- Земун Поље - Батајница: 1 блок, 2 сензора.
- Батајница - Нова Пазова: -
- Нова Пазова - Стара Пазова: -
- Стара Пазова - Инђија: 2 блока, 4 сензора.
- Инђија - Бешка: 5 блокова, 10 сензора.
- Бешка - Распутница К. Виногради: 4 блока, 12 сензора

- Распутница К. Виногради - Сремски Карловци: 2 блока, 4 сензора.
- Сремски Карловци Петроварадин: 2 блока, 4 сензора.
- Петроварадин - Нови Сад: 1 блок, 4 сензора.

Укупна количина уграђене бројаче опреме на АПБ-У је: 38 сензора, 16 блокова, 16 ормана, 16 редова.

Укупна количина уграђене бројачке опреме на предметној деоници железничке пруге (у станицама и на АПБ-у): 609 сензора, 34 ормана, 67 редова.

За поједина међустанична растојања (АПБ) нема документације на располагању, па тренутно нису познати подаци о броју блокова и уграђене опреме за бројаче осовина. Пошто је у питању мањи број бројачких одсека односно бројачке опреме, то неће битно утицати на укупно разматрање поузданости комплетне деонице.

Иначе овде је циљ да се покаже утицај броја и поузданости уграђених компонената уређаја, на деоници железничке пруге која се разматра, на поузданост комлетне деонице, као и да се сагледа потребна количина компонената, односно резервних делова, за целокупан животни век уређаја (на пример 20 година) на предметној деоници. На основу тога може се одредити укупна инвестициона вредност потребна за набавку резервних делова, а могу се одредити и остали трошкови одржавања (на пример време потребно за замену отказалих компонената, потребан број радника за одржавање, простори и места за смештај резервних делова у циљу адекватног и ефикасног одржавања, итд.). Такође, може се сагледати и укупна инвестициона вредност која је потребна од стране корсника за један систем/уређај за његов целокупни животни век (набавна цена и трошкови одржавања у животном веку), односно могу се у тренутку набавке упоредити различити системи/уређаји и може се изабрати онај систем/уређај који је најекономичнији у читавом животном веку (уместо да се разматра само иницијална цена система/уреаја).

Из расположиве документације познати су подаци о поузданости делова бројача осовина које је дао произвођач.

5. Подаци произвођача о поузданост саставних делова бројача осовина FAdC R2

У документацији која је на располагању, наведени су подаци произвођача о поузданости појединих компонената уређаја бројача осовина FAdC R2, ка и подаци о расположиости система бројача осовина, уз захтевано време оправке, односно замене компонената.

Подаци о поузданости компонената бројача осовина се одређују у складу са важећим стандардима и најчешће се израчунавају у складу са стандардом MIL-HDBK-217F.

За прорачун су интересантне електронске компоненте на које се примењује принцип замене отказале компоненте исправном, у поступку одржавања познатом као "first line maintenance".

Подаци произвођача о поузданости појединих компнената бројача осовина FAdC R2 у унутрашњим уређајима, као и потребно време њихове замене, дати су у следећој табели:

Component	Failure rate		MRT	MTBF	
	G_B 30 °C	G_B 60 °C		G_B 30 °C	G_B 60 °C
AEB	2 626 FIT	4 568 FIT	0,05 h	380 807 h	218 914 h
PSC	1 544 FIT	5 053 FIT	0,03 h	647 668 h	197 902 h
IO-EXB	2 325 FIT	4 365 FIT	0,03 h	430 108 h	229 095 h
COM	1 283 FIT	2 496 FIT	0,1 h	779 423 h	400 641 h
BP-PWR-0	31 FIT	49 FIT	0,2 h	32 258 065 h	20 408 163 h
BP-PWR-4	312 FIT	424 FIT	0,2 h	3 205 128 h	2 358 491 h
BP-PWR-8	559 FIT	747 FIT	0,2 h	1 788 909 h	1 338 688 h
BP-EXB-1	117 FIT	166 FIT	0,2 h	8 547 009 h	6 024 096 h
BP-EXB-2	126 FIT	176 FIT	0,2 h	7 936 508 h	5 681 818 h
BP-EXB-4	136 FIT	186 FIT	0,2 h	7 352 941 h	5 376 344 h
BP-EXB-8	175 FIT	238 FIT	0,2 h	5 714 286 h	4 201 681 h
BSI004	83 FIT	120 FIT	0,1 h	12 048 193 h	8 333 333 h
BSI005	83 FIT	120 FIT	0,1 h	12 048 193 h	8 333 333 h

Табела 3: Индикатори поузданости и одржавања компонената бројача осовина FAdC R2 у унутрашњим уређајима.

Подаци произвођача о поузданости спољног сензора бројача осовина FAdC R2, као и потребно време његове замене, дати су у следећој табели:

Wheel sensor	Failure rate (95 % G_F / 5 % G_M)		MRT	MTBF	
	25 °C	35 °C		25 °C	35 °C
RSR123	878 FIT	980 FIT	0,3 h	1 138 952 h	1 020 408 h

Табела 4: Индикатори поузданости и одржавања сензора (спољна опрема поред шина).

Подаци о поузданости, у Табели 3, дати су преко средњег времена између два отказа MTBF за две различите температуре амбијента. Примена у климатизованој просторији (за 30°C) и примена напољу, ормани поред шина за унутрашњу опрему (за 60°C). Из података се види да је поузданост делова - компонената значајно смањена када се унутрашња опрема уграђује у ормане без климатизације поред шина. То је, на пример, случај са опремом која се користи за контролу одсека на међустаничном растојању, у уређајима за контролу аутоматских пружних блокова.

Подаци о поузданости сензора, у Табели 4, дати су за две температуре, које се врло мало разликују и које су практично собне температуре 25°C и 35°C. Сходно томе и подаци о поузданости сензора се мало разликују и имају високе вредности. Како се сензори користе у спољном амбијенту и уграђују се на металне носаче који су спојени са шином, а изложени су директно сунчевим зрацима температура амбијента, шина, металних држача, а тиме и самог сензора, може бити значајно већа, чак и изнад 60°C, па би за њих требало да се користе подаци бар за 60°C. У таквим условима рада поузданост сензора ће бити значајно мања (по аналогији и упоређењем са подацима датим за остале компоненте за 60°C, из Табеле 3, скоро дупло или више мања вредност), што ће утицати на прорачуне нивоа интегритета сигурности и расположивости система бројача осовина FAdC R2. На основу изложеног требало би да су теоријске прорачунске вредности поузданости сензора значајно ниже од вредности наведених у Табели 4.

6. Подаци произвођача о расположивости уређаја бројача осовина FAdC R2

У опису произвођача се наводе следеће особине бројача осовина које доприносе повећаној расположивости уређаја:

- Када бројач осовина има грешке или неправилности у преносу података, такве грешке и неправилности могу се уклонити заменом повезане компоненте, ресетовањем или поновним постављањем.
- Будући да је бројач осовина модуларне конструкције и да се може једноставно прикључити помоћу стезаљки и има виши ниво заштите, који се користи за спољну опрему, као и друге техничке мере, време потребно за поправку квара може се смањити до крајње границе.
- Дијагностички систем бројача осовина (FDS) може преко рачунарске комуникационе мреже да достави код грешке и информације о радној струји сензора точка, у реалном времену, односно да изврши прелиминарну анализу квара.

Произвођач је такође навео и податке о расположивости комплетног система бројача осовина у зависности од места на коме се налази унутрашња опрема:

- За инсталацију унутрашњег уређаја бројача осовина у просторији са собном температуром (климатизована просторија до 30°C): 99,999%
- За инсталацију унутрашњег уређаја бројача осовина поред колосека (температура амбијента до 60°C): 99,998 %.

Наведени подаци о расположивости система бројача осовина су базирани на подацима о средњем времену оправке (замена неисправних делова исправним) - MRT компонената, наведеним у табелама 3 и 4, који су временски изузетно кратки. На пример, MRT за евалуаторску картицу - AEB је само 3 минута, а за замену сензора RSR123 на терену MRT је само 18 минута. Ова времена замене очигледно не подразумевају укупно време оправке (од тренутка појаве квара, преко обавештавања особља за одржавање, до доласка на место и замене отказале компоненте), па су значајно краћа од стварног потребног времена

за оправку (замену) компоненте. У складу са правилником о одржавању сигнално-сигурносних уређаја, приступ локацији за оправку је 2 сата од тренутка добијања информације о отказу. Тако да ће у пракси, реално, расположивост система бројача осовина FAdC R2 бити много мања.

Да би се остварила што бржа замена неисправних компонената у пракси, у складу са захтевима произвођача бројача осовина FAdC R2, потребно је:

- да дежурно особље за одржавање буде на лицу места 24/7 сати (на свим релевантним локацијама);
- да на свим релевантним локацијама (практично на свим местима где је уграђена опрема) има на располагању довољан број свих потребних резервних делова (унутрашањих компонената и сензора)
- да се проседуре и прописи, укључујући и правилник о одржавању сигнално-сигурносних уређаја, промене тако да се пропишу значајно рестриктивнији услови у погледу времена приступа локацији на којој се отклања квар од стране особља за одржавање (што је у пракси практично тешко изводиво обзиром на дисперзју уређаја по прузи и постојећи број радника за одржавање).

7. Одређивање поузданости уређаја бројача осовина FAdC R2 за анализирану деоницу

На основу одређеног укупног броја уграђене опреме - компонената за бројаче осовина FAdC R2 и познатих података произвођача о поузданости опреме - компонената, може се одредити средње време имеђу два отказа - MTBF за укупну уграђену опрему бројача осовина по компонентама, као и за целокупну опрему бројача осовина на деоници железничке пруге од Београд Центара до Новог Сада. Релевантни подаци о поузданости су приказани у следећој табели.

Р.б.	**Компонента**	**Количина**	**MTBF/комаду [h]**	**MTBF/збирно [h]**	**Коментар**
1	RSR123 (сензор)	609	1.020.408	1.676	Спољна уградња (35°C)
2.1	BSIxx	609	8.333.333	13.684	Спољни орман (60°C)
2.2	BSIxx	609	12.048.193	18.784	Унутрашњи орман (30°C)
3.1	AEB	38	218.914	5.761	Спољни орман (60°C)
3.2	AEB	571	380.807	667	Унутрашњи орман (30°C)
4.1	COM	32	400.641	12.520	Два по спољном орману (60°C)
4.2	COM	36	779.429	21.651	Два по унутрашњем орману (30°C)
5.1	PSC	16	197.902	12.369	Један по реду у

					спољном орману (60°C)
5.2	PSC	51	647.668	12.669	Један по реду у унутрашњем орману (30°C)
6.1	AC/DC 24V PS HRPG-75-24	32	394.800	12.338	Два по спољном орману (25°C)
6.2	AC/DC 24V PS HRPG-600-24	36	138.500	3.847	Два по унутрашњем орману (25°C)

Табела 5: Индикатори поузданости компонаната бројача осовина FAdC R2.

Напомене:

- За последње две позиције нема података. Пошто се ради о комерцијалним модулима за напајање узете су вредности које је дао произвођач Mean Well (подаци о производима су дати у прилогу овог извештаја):
    - Mean Well HRPG-600-24: 138.500 h min. MIL-HDBK-217F (25℃).
    - Mean Well HRPG-75-24: 394.800 h min. MIL-HDBK-217F (25℃).

      Реална вредност MTBF ће бити знано мања за Mean Well HRPG-75-24, јер уместо за 25℃ треба да се узме податак за 60℃.

У Табелу 5 су унете активне електронске компоненте које највише утичу на поузданост система бројача осовина FAdC R2. За детаљан прорачун потребно је унети све компоненте са тачним вредностима за MTBF, али принцип је исти и крајњи резултати се неће много променити.

Из Табеле 5 се види да су најкритичније у погледу отказа оне компоненте које имају намању збирну вредност MTBF, као што су: евалуаторске картице AEB (у унутрашњем и у спољном орману), спољни сензор RSR123 и напајања унутрашњих ормана: AC/DC 24V PS HRPG-600-24.

- Све AEB картице које су уграђене у унутрашње ормане бројача осовина имају укупно MTBF од 667 h, што значи да ће бити потребно да се једна таква AEB картица на читавој деоници мења у просеку сваких 27,8 дана.
- Сви уграђени сензори RSR123 бројача осовина имају укупно MTBF од 1.676 h, што значи да ће бити потребно да се један сензор на читавој деоници мења у просеку сваких 69,8 дана.
- Сви напојни уређаји AC/DC 24V PS HRPG-600-24, који су уграђени у унутрашње ормане бројача осовина, имају укупно MTBF од 3.847 h, што значи да ће бити потребно да се једна таква напојна јединица, на читавој деоници, мења у просеку сваких 160,3 дана.

- Све AEB евалуационе картице које су уграђене у спољашње ормане бројача осовина, имају укупно MTBF од 5.761 h, што значи да ће бити потребно да се једна таква AEB картица на читавој деоници мења у просеку сваких 240 дана.

На основу података из Табеле 5, сабирањем интензитета отказа свих уграђених компонената бројача осовина на анализираној деоници железничке пруге Београд Центар - Нови Сад, може се израчунати укупни интензитет отказа комлетног система бројача осовина FAdC R2 - **λ(FAdC R2)**, а на основу њега и поузданост комлетног система бројача осовина FAdC R2 - **MTBF(FAdC R2)**.

λ(FAdC R2) = 1/1676 + 1/13684 +1/18784 +1/5761 +1/667 +1/12520 +1/21651 +1/12369 +1/12669 +1/12338 +1/3847 =

59,7e-5 + 7,3e-5 + 5,3 e-5 + 1,74e-4 + 149,9e-5 + 7,99e-5 + 4,6e-5

+8,0e-5 + 7,9e-5 + 8,1e-5 + 25,99e-5 = **286,52e-5 1/h**

MTBF(FAdC R2) = 1/ λ(FAdC R2) = 1/286,52e-5 = **349 h**

На основу наведеног прорачуна можемо закључити да ће бити потребно да се на комплетном систему бројача осовина FAdC R2 на деоници железничке пруге Београд Центар - Нови Сад, изврши замена једне неисправне бројачке компоненте у просеку саваких **14,5 дана**.

Претходни прорачун је базиран на подацима произвођача, који су дати на основу прорачуна из релевантних стандарда и који се базирају на такозваном најгорем случају. Из тог разлога теоријске вредности за MTBF су значајно ниже него што је показала пракса за велики број електронских склопова. Пракса је показала да су стваре вредности поузданости електронских сколопова-компонената два до три пута веће од теоријских. Наравно, велики утицај на практине вредности MTBF имају услови конкретне примене и поштовање препорука произвођача у погледу руковања и одржавања. У складу са наведеним од изузетног значаја су практични подаци о поузданости којим располажу еминентни произвођачи опреме или корисници (железничке управе) које користе ту опрему дужи низ година и прате показатеље поузданости у пракси.

8. Одређивање броја резервних делова за уређаје бројача осовина FAdC R2

На основу података о поузданости, из Табеле 5, могу се одредити потребне количине резервних делова за уређаје бројача осовина FAdC R2, за анализирану деоницу Београд Центар - Нови Сад, у читавом животном веку (на пример, 20 година, што је уобичајена пракса за рачунарске сигнално-сигурносне уређаје на железници). Релавантни подаци су дати у табели која следи.

Р.б.	Компонента	MTBF/збирно [h]	MTBF/за 20 година [h]	Количина за 20 година	Количина по години
1	RSR123 (сензор)	1.676	175.200	105	5,25
2.1	BSIxx	13.684	175.200	13	0,65
2.2	BSIxx	18.784	175.200	10	0,5
3.1	AEB	5.761	175.200	31	1,55
3.2	AEB	667	175.200	263	13,15
4.1	COM	12.520	175.200	14	0,7
4.2	COM	21.651	175.200	8	0,4
5.1	PSC	12.369	175.200	14	0,7
5.2	PSC	12.669	175.200	14	0,7
6.1	AC/DC 24V PS HRPG-75-24	12.338	175.200	14	0,7
6.2	AC/DC 24V PS HRPG-600-24	3.847	175.200	46	2,3

Табела 6: Потребан број резервних делова за бројаче осовина FAdC R2 за деоницу Београд Центар - Нови Сад.

Аналогно претходној табели, могу се укључити и остали електронски делови - компоненте, за које сада нису познати подаци и који не утичу у знатној мери на наведене прорачуне.

У зависности од планова за краткорочно (1 година), средњорочно (5 година) и у животном веку (20 одина) одржавање, могу се планирати количине резервних делова које треба набавити. На основу тог израчунатог броја резервних делова по врстама компонената и њиховим ценама могу планирати и потребна фнансијска средства за њихову набавку. Реалну потрошњу резервних делова треба пратити на годишњем и средњорочном периоду, а на основу тих показатеља онда се могу кориговати теоријски прорачуни, а могу се кориговати и количине за набавку за наредни плански период.

Аналогно претходном разматрању могу се анализирати и остали подсистеми и делови уређаја који су уграђени на деонци железничке пруге Београд Центар - Нови Сад.

У Београду, 29.02.2024.

Signalling & Control d.o.o.

Директор

др Дејан Лутовац, дипл.ел.инж.